

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Transportasi

Transportasi adalah pergerakan manusia dan barang antara satu zona asal dan zona tujuan dalam wilayah yang bersangkutan. Pergerakan tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan sarana atau moda dan tenaga untuk keperluan tertentu dalam skala perorangan transportasi adalah suatu perjalanan (trip) dari tempat asal ke tempat tujuan dalam usaha melakukan aktivitas tertentu di tempat tujuan (Santoso, 2001).

Transportasi juga bisa diartikan sebagai pengangkutan barang atau manusia dari tempat asal kegiatan transportasi ke tempat tujuan dimana kegiatan transportasi diakhiri (Morlok, 1978). Jasa transportasi dilakukan karena nilai yang diangkut tersebut akan lebih tinggi ke tempat tujuan. Nilai yang diberikan oleh kegiatan transportasi adalah nilai tempat (place utility) dan nilai waktu (time utility) yang bersifat permintaan turunan (derived demand) (Manheim, 1979; Morlok, 1978).

Kanafani (1983) menyatakan bahwa kebutuhan akan transportasi untuk mengatasi interaksi aktivitas sosial dan ekonomi yang menyebar dalam suatu wilayah. Alasan orang melakukan perjalanan tak ada habisnya seperti kebutuhan akan barang dan kebutuhan perjalanan akan rekreasi. Komoditas barang perlu dikirim dari suatu tempat ke tempat yang lain merupakan suatu alasan untuk tujuan ekonomi.

2.2 Moda Transportasi

Pengertian dari moda yaitu merupakan sarana yang digunakan untuk memindahkan orang dan/atau barang dari suatu tempat ke tempat yang lain. Moda transportasi dapat berupa moda transportasi darat, moda transportasi laut, dan moda transportasi udara, di mana masing-masing moda tersebut memiliki ciri dan karakteristik sendiri (Munawar, 2005). Menurut Miro

(2005:116) bentuk alat (moda) transportasi/jenis pelayanan transportasi secara umum ada dua kelompok besar moda transportasi yaitu:

1. Kendaraan Pribadi (Private Transportation) Moda transportasi yang dikhususkan buat pribadi seseorang dan seseorang itu bebas memakainya kemana saja, dimana saja dan kapan saja seseorang mau, bahkan mungkin juga tidak memakainya sama sekali (disimpan di garasi). Kendaraan pribadi dibagi secara lebih spesifik, yaitu:
 - a. Jalan kaki
 - b. Sepeda untuk pribadi
 - c. Sepeda motor untuk pribadi
 - d. Mobil pribadi
 - e. Kapal, pesawat terbang, dan kereta api yang dimiliki secara pribadi
2. Kendaraan Umum (Public Transportation) Moda transportasi yang diperuntukkan buat bersama (orang banyak), kepentingan bersama, menerima pelayanan bersama, mempunyai arah dan titik tujuan yang sama, serta terikat dengan peraturan trayek yang sudah ditentukan dan jadwal yang sudah ditetapkan dan para pelaku perjalanan wajib menyesuaikan diri dengan ketentuan-ketentuan tersebut apabila angkutan umum ini sudah mereka pilih. Kendaraan umum dibagi secara lebih spesifik, yaitu:
 - a. Ojek sepeda, sepeda motor
 - b. Becak, bajaj dan bemo
 - c. Mikrolet
 - d. Bus umum (kota dan antar kota)
 - e. Kereta api (kota dan antar kota)
 - f. Kapal feri sungai dan laut
 - g. Pesawat yang digunakan untuk bersama

Kendaraan adalah suatu sarana angkut di jalan yang terdiri atas Kendaraan Bermotor dan Kendaraan Tidak Bermotor. Kendaraan Bermotor sendiri adalah setiap Kendaraan yang digerakkan oleh peralatan mekanik berupa mesin selain Kendaraan yang berjalan di atas rel, sedangkan

kendaraan tidak bermotor adalah setiap kendaraan yang digerakkan oleh tenaga manusia dan/atau hewan. Kendaraan Bermotor Umum adalah setiap Kendaraan yang digunakan untuk angkutan barang dan/atau orang dengan dipungut bayaran. (*UU RI NO. 22 Tahun 2009*).

2.3 Jalan Perkotaan

Jalan perkotaan adalah jalan yang terdapat perkembangan secara permanen dan menerus di sepanjang atau hampir seluruh jalan, minimum pada satu sisi jalan, baik berupa perkembangan lahan atau bukan. Jalan di atau dekat pusat perkotaan dengan penduduk lebih dari 100.000 digolongkan dalam kelompok ini. Jalan di daerah perkotaan dengan jumlah penduduk yang kurang dari 100.000 juga digolongkan dalam kelompok ini jika perkembangan samping jalan tersebut bersifat permanen dan terus menerus (MKJI,1997).

Berdasarkan kelas fungsional, jalan di kelompokkan sebagai berikut:

1. Jalan Arteri; jalan yang menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua.
2. Jalan Kolektor; jalan yang menghubungkan kota jenjang kedua dengan jenjang kota kedua atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan jenjang kota ketiga.
3. Jalan Lokal; jalan yang menghubungkan kota jenjang kesatu dengan persil atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan persil atau kota jenjang ketiga dengan kota jenjang ketiga kota jenjang ketiga dengan kota dibawahnya, atau kota jenjang ketiga dengan persil atau kota dibawah jenjang ketiga sampai persil.

2.4 Kemacetan Lalu Lintas

Kemacetan adalah kondisi dimana arus lalu lintas yang lewat pada ruas jalan yang ditinjau melebihi kapasitas rencana jalan tersebut yang mengakibatkan kecepatan bebas ruas jalan tersebut mendekati atau melebihi 0 km/jam sehingga menyebabkan terjadinya antrian. Pada saat terjadinya

kemacetan, nilai derajat kejenuhan pada ruas jalan akan ditinjau dimana kemacetan akan terjadi bila nilai derajat kejenuhan mencapai lebih dari 0,5 (MKJI, 1997).

Jika arus lalu lintas mendekati kapasitas, kemacetan mulai terjadi. Kemacetan semakin meningkat apabila arus begitu besarnya sehingga kendaraan sangat berdekatan satu sama lain. Kemacetan total terjadi apabila kendaraan harus berhenti atau bergerak sangat lambat (Ofyar Z Tamin, 2000).

Lalu-lintas tergantung kepada kapasitas jalan, banyaknya lalu-lintas yang ingin bergerak, tetapi kalau kapasitas jalan tidak dapat menampung, maka lalu-lintas yang ada akan terhambat dan akan mengalir sesuai dengan kapasitas jaringan jalan maksimum (Budi D.Sinulingga, 1999).

Kemacetan lalu lintas pada ruas jalan raya terjadi saat arus kendaraan lalu lintas meningkat seiring bertambahnya permintaan perjalanan pada suatu periode tertentu serta jumlah pemakai jalan melebihi dari kapasitas yang ada (Meyer et al, 1984).

2.5 Dampak Negatif Kemacetan

Menurut Santoso (1997), kerugian yang diderita akibat dari masalah kemacetan ini apabila dikuantifikasikan dalam satuan moneter sangatlah besar, yaitu kerugian karena waktu perjalanan menjadi panjang dan makin lama, biaya operasi kendaraan menjadi lebih besar dan polusi kendaraan yang dihasilkan makin bertambah. Pada kondisi macet kendaraan merangkak dengan kecepatan yang sangat rendah, pemakaian bbm menjadi sangat boros, mesin kendaraan menjadi lebih cepat aus dan buangan kendaraan yang dihasilkan lebih tinggi kandungannya. Pada kondisi kemacetan pengendara cenderung menjadi tidak sabar yang menjurus ke tindakan tidak disiplin yang pada akhirnya memperburuk kondisi kemacetan lebih lanjut lagi.

Menurut Etty Soesilowati (2008), secara ekonomis, masalah kemacetan lalu lintas akan menciptakan biaya sosial, biaya operasional yang

tinggi, hilangnya waktu, polusi udara, tingginya angka kecelakaan, bising, dan juga menimbulkan ketidaknyamanan bagi pejalan kaki.

Menurut Tamin (2000:493), masalah lalu lintas atau kemacetan menimbulkan kerugian yang sangat besar bagi pemakai jalan, terutama dalam hal pemborosan waktu (tundaan), pemborosan bahan bakar, pemborosan tenaga dan rendahnya kenyamanan berlalulintas serta meningkatnya polusi baik suara maupun polusi udara.

2.6 Karakteristik Lalulintas

Menurut Adolf D. Mayer (2000), karakteristik lalulintas pada dasarnya terdiri dari volume, kecepatan dan kepadatan atau kerapatan. Karakteristik ini dapat diamati secara macroscopic maupun microscopic. Secara macroscopic dijelaskan sebagai berikut:

2.6.1 Volume

Volume lalulintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik atau garis pada jalur gerak dalam satuan waktu tertentu. Biasanya dihitung dalam kendaraan per hari atau kendaraan per jam. Pengukuran volume biasanya dilakukan dengan meletakkan alat penghitung pada tempat dimana volume tersebut ingin diketahui besarnya atau dengan cara manual. Rumus umumnya menurut Abubakar (1999:43) adalah:

$$Q = \frac{N}{T} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana : Q : Volume lalulintas yang melewati suatu titik atau garis (kendaraan per satuan waktu)

N : Jumlah kendaraan yang melalui suatu titik atau garis

T : Interval waktu

2.6.2 Kecepatan

Kecepatan adalah panjang lintasan/jarak dibagi dengan waktu. Kecepatan dapat diukur sebagai kecepatan titik, kecepatan

perjalanan, kecepatan ruang, dan kecepatan gerak. Kelambatan merupakan waktu yang hilang pada saat kendaraan berhenti, atau tidak dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan karena adanya sistem pengendalian atau kemacetan lalu lintas. Rumus umum menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997:5-19):

$$U_s = L/T \dots\dots\dots (2)$$

Dimana : U_s : Kecepatan rata-rata kendaraan (km/jam)
 L : Panjang segmen (km)
 T : Waktu tempuh rata-rata (jam)

2.6.3 Kepadatan

Kepadatan adalah rata-rata jumlah kendaraan persatuan panjang jalan menurut Abubakar (1999:43). Rumus umumnya:

$$D = \frac{Q}{U_s} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana : D : Kepadatan lalu lintas (smp/km)
 Q : Volume (smp/jam)
 U_s : Kecepatan rata – rata (km/jam)

2.7 Kapasitas Jalan

Salah satu aspek yang penting dalam pengendalian lalu lintas adalah kapasitas jalan. Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997), kapasitas adalah volume kendaraan maksimum yang dapat melewati jalan persatuan waktu dalam kondisi tertentu. Besarnya kapasitas jalan tergantung pada lebar jalan dan gangguan terhadap arus lalu lintas yang melewati jalan tersebut:

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana : C : Kapasitas (smp / jam)
 C_o : Kapasitas dasar (smp / jam)
 FC_w : Faktor penyesuaian lebar jalan

FC_{SP} : Faktor penyesuaian pemisahan arah (hanya untuk jalan tak terbagi)

FC_{SF} : Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan/kereb

FC_{CS} : factor penyesuaian ukuran kota

Besaran dari C_0 dan masing-masing factor penyesuaian (FC_w ; FC_{sp} ; FC_{sf} dan FC_{cs}) sebagaimana dapat dilihat pada table dan ketentuan berikut:

a. Kapasitas Dasar

Kapasitas dasar jalan tergantung kepada tipe jalan, jumlah lajur, apakah jalan ada pemisah fisik atau tidak sebagaimana dapat dilihat pada **Tabel 2.1** sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kapasitas Dasar (C_0)

Tipe Jalan	Kapasitas Dasar (C_0) (smp/jam)	Keterangan
Jalan 4 lajur berpembatas median atau jalan satu arah	1650	Per Lajur
Jalan 4 lajur tanpa pembatas median atau jalan satu arah	1500	Per Lajur
Jalan 2 lajur tanpa pembatas median	2900	Total Dua Arah

Sumber: Mannual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)

Kapasitas dasar untuk jalan lebih dari 4 lajur dapat diperkirakan dengan menggunakan kapasitas per lajur di atas meskipun mempunyai lebar jalan yang tidak baku.

b. Faktor Penyesuaian Lebar Jalan Lalulintas

Lebar jalur lalu lintas yang efektif sangat mempengaruhi kapasitas jalan, besarnya faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas (FCw) seperti diperlihatkan pada **Tabel 2.2** sebagai berikut:

Tabel 2.2 Faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalan (FCw)

Tipe Jalan	Lebar Jalan	FCw
4 lajur berpembatas median atau jalan satu arah	Per lajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
	4,00	1,08
4 lajur tanpa pembatas median	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
	3,75	1,05
	4,00	1,09
2 lajur tanpa pembatas	Dua arah	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1,00
	8	1,14
	9	1,25
	10	1,29
	11	1,34

Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)*

c. Faktor Penyesuaian Pemisah Arah (FC_{SP})

Untuk faktor penyesuaian pemisah arah (hanya untuk jalan tak terbagi) dapat dilihat pada **Tabel 2.3** berikut:

Tabel 2.3 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pembagian Arah (FC_{sp})

Pembagian Arah (%–%)		50–50	55–45	60–40	65–35	70–30
FC _{sp}	2 lajur 2 arah tanpa pembatas median (2/2 UD)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	4 lajur 2 arah tanpa pembatas median (4/2 UD)	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94

Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)*

Penentuan faktor penyesuaian untuk pembagian arah didasarkan pada kondisi arus lalu lintas dari kedua arah atau untuk jalan tanpa pembatas median. Untuk jalan satu arah dan atau jalan dengan pembatas median, faktor penyesuaian kapasitas akibat pembagian arah adalah 1,00.

d. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (FC_{sf})

Faktor ini terdiri dari dua kondisi, yaitu jalan dengan bahu serta jalan dengan kerb. Untuk kondisi jalan dengan kereb dapat dilihat seperti pada **Tabel 2.4**, sedangkan untuk faktor penyesuaian dengan bahu pada **Tabel 2.5** sebagai berikut:

Tabel 2.4 Faktor Penyesuaian Kerb

Tipe Jalan	Kelas gangguan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu (FC_{SF})			
		Lebar bahu jalan efektif W_s (m)			
		< 0,5 m	1,0 m	1,5 m	> 2 m
4 lajur 2 arah berpembatas median (4/2 D)	Sangat rendah	0,95	0,97	0,99	1,01
	Rendah	0,94	0,96	0,98	1,00
	Sedang	0,91	0,93	0,95	0,98
	Tinggi	0,86	0,89	0,92	0,95
	Sangat tinggi	0,81	0,85	0,88	0,92
4 lajur 2 arah tanpa pembatas median (4/2 D)	Sangat rendah	0,95	0,97	0,99	1,01
	Rendah	0,93	0,95	0,97	1,00
	Sedang	0,90	0,92	0,95	0,97
	Tinggi	0,84	0,87	0,90	0,93
	Sangat tinggi	0,77	0,81	0,85	0,90
2 lajur 2 arah tanpa pembatas median (2/2 D) atau jalan satu arah	Sangat rendah	0,93	0,95	0,97	0,99
	Rendah	0,90	0,92	0,95	0,97
	Sedang	0,86	0,88	0,91	0,94
	Tinggi	0,78	0,81	0,84	0,88
	Sangat tinggi	0,68	0,72	0,77	0,82

Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)*

Tabel 2.5 Faktor penyesuaian kapasitas akibat gangguan samping dan lebar bahu

Tipe Jalan	Kelas gangguan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu (FC_{sf})			
		Lebar bahu jalan efektif W_s (m)			
		< 0,5 m	1,0 m	1,5 m	> 2 m
4 lajur 2 arah berpembatas median (4/2 D)	Sangat rendah	0,96	0,98	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,88	0,92	0,95	0,98
	Sangat tinggi	0,84	0,88	0,92	0,96
4 lajur 2 arah tanpa pembatas median (4/2 D)	Sangat rendah	0,96	0,99	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,87	0,91	0,94	0,98
	Sangat tinggi	0,80	0,86	0,90	0,95
2 lajur 2 arah tanpa pembatas median (2/2 D) atau jalan satu arah	Sangat rendah	0,94	0,96	0,99	1,01
	Rendah	0,92	0,94	0,97	1,00
	Sedang	0,89	0,92	0,95	0,98
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat tinggi	0,73	0,79	0,85	0,92

Sumber : *Mannual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)*

Faktor penyesuaian kapasitas untuk jalan 6 lajur dapat di perkirakan dengan menggunakan faktor koreksi kapasitas untuk 4 lajur dengan menggunakan persamaan (5) sebagai berikut:

$$FC_{6,sf} = 1 - 0,8 (1 - FC_{4,sf}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

Dimana : $FC_{6,sf}$: Faktor penyesuaian kapasitas untuk jalan 6 lajur

$FC_{4,sf}$: Faktor penyesuaian kapasitas untuk jalan 4 lajur

e. Gangguan Samping

Untuk klasifikasi gangguan samping dapat dilihat pada **Tabel 2.6** sebagai berikut:

Tabel 2.6 Klasifikasi gangguan samping

Kelas gangguan samping	Jumlah gangguan per 200 meter per jam (dua arah)	Kondisi tipikal
Sangat rendah	< 100	Daerah permukiman, jalan dengan jalan samping
Rendah	100 – 299	Daerah permukiman, beberapa kendaraan umum
Sedang	300 – 499	Daerah industry, beberapa toko di sisi jalan
Tinggi	500 – 899	Daerah komersial, aktivitas sisi jalan tinggi
Sangat tinggi	> 900	Daerah komersial, dengan aktivitas perbelanjaan pinggir jalan

Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)*

f. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (FCcs)

Ukuran kota mempengaruhi kapasitas seperti diperlihatkan pada **Tabel**

2.7 berikut ini:

Tabel 2.7 Faktor penyesuaian kapasitas akibat ukuran kota (FCcs)

Ukuran kota (Juta Penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
< 0,1	0,86
0,1 – 0,5	0,90
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 3,0	1,00
> 3,0	1,04

Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)*

2.8 Komposisi Lalu Lintas

Pada kenyataannya, arus lalu lintas yang ada di lapangan adalah heterogen. Sejumlah kendaraan dengan berbagai jenis, ukuran dan sifatnya membentuk sebuah arus lalu lintas. Keragaman ini membentuk karakteristik lalu lintas yang berbeda untuk setiap komposisi dan berpengaruh terhadap arus lalu lintas secara keseluruhan.

Memperhatikan kondisi tersebut, diperlukan suatu besaran untuk menyatakan pengaruh sebuah jenis kendaraan terhadap arus lalu lintas secara keseluruhan. Satuan mobil penumpang (smp) merupakan sebuah besaran yang menyatakan ekivalensi pengaruh setiap jenis kendaraan yang dibandingkan terhadap jenis kendaraan penumpang. Dengan besaran ini, setiap komposisi lalu lintas dapat dinilai.

Tabel 2.8 Nilai Ekivalensi Kendaraan Penumpang (Emp) untuk jalan Perkotaan

No.	Jenis Kendaraan	Emp
1	Kendaraan Ringan	1,00
2	Kendaraan Berat	1,20
3	Sepeda Motor	0,25
4	Kendaraan Tak Bermotor	0,80

Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)*

2.9 Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan

Kapasitas suatu potongan jalan menyatakan volume terbesar yang dapat lewat dengan menggunakan satuan mobil penumpang dibagi satuan waktu (smp/satuan waktu). Satuan waktu biasanya dipakai waktu satu jam.

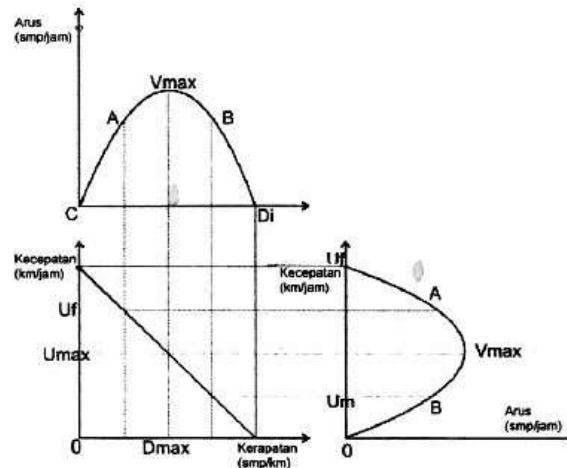
$$V = U_s \times D \quad \dots\dots\dots (6)$$

Dimana : V : Volume (smp/jam)

U_s : Kecepatan pada kondisi arus bebas (km/jam)

 D : Kepadatan (smp/km)

Hubungan antara variabel arus, kecepatan, dan kerapatan, dapat terlihat pada **Gambar 3.1** berikut:



Gambar 2.1 Hubungan antara Arus, Kecepatan, dan Kerapatan

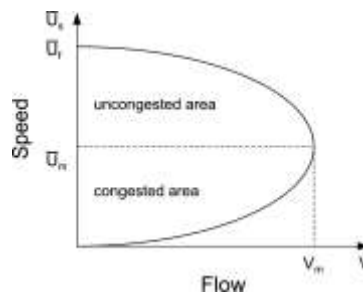
Aliran lalu lintas pada suatu ruas jalan raya terdapat 3 (tiga) variabel utama yang digunakan untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas, yaitu:

1. Volume (*flow*), yaitu jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tinjau tertentu pada suatu ruas jalan per satuan waktu tertentu.
2. Kecepatan (*speed*), yaitu jarak yang dapat ditempuh suatu kendaraan pada ruas jalan per satuan waktu.
3. Kepadatan (*density*), yaitu jumlah kendaraan per satuan panjang jalan tertentu.

Variabel-variabel tersebut memiliki hubungan antara satu dengan lainnya. Hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan dapat digambarkan secara grafis dengan menggunakan persamaan matematis.

Hubungan volume – Kecepatan

Hubungan mendasar antara volume dan kecepatan adalah dengan bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruangnya akan berkurang sampai kepadatan kritis (volume maksimum) tercapai. Hubungan keduanya ditunjukkan pada gambar berikut ini.

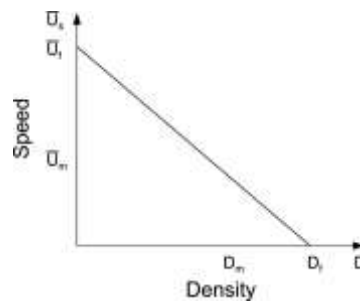


Gambar 2.2 Hubungan Volume – Kecepatan

Setelah kepadatan kritis tercapai, maka kecepatan rata-rata ruang dan volume akan berkurang. Jadi kurva diatas menggambarkan dua kondisi yang berbeda, lengan atas menunjukkan kondisi stabil dan lengan bawah menunjukkan kondisi arus padat.

Hubungan Kecepatan - Kepadatan

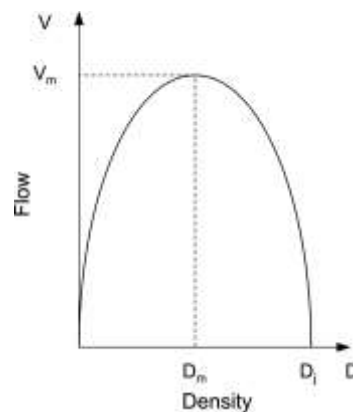
Kecepatan akan menurun apabila kepadatan bertambah. Kecepatan arus bebas akan terjadi apabila kepadatan sama dengan nol, dan pada saat kecepatan sama dengan nol maka akan terjadi kemacetan (*jam density*). Hubungan keduanya ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 2.3 Hubungan Kecepatan – Kepadatan

Hubungan Volume - Kepadatan

Volume maksimum terjadi (V_m) terjadi pada saat kepadatan mencapai titik D_m (kapasitas jalur jalan sudah tercapai). Setelah mencapai titik ini volume akan menurun walaupun kepadatan bertambah sampai terjadi kemacetan di titik D_j . Hubungan keduanya ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 2.4 Hubungan Volume – Kepadatan

2.10 Model Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan

Model Greenshield

Model ini adalah model yang paling awal dalam upaya mengamati perilaku lalu lintas. Greenshield yang melakukan studi pada jalan-jalan di luar kota Ohio, dimana kondisi lalu lintas memenuhi syarat karena tanpa gangguan dan bergerak secara bebas (*steady state condition*). Greenshield mendapatkan hasil bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan bersifat linier. Model ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$U_s = U_f - \left(\frac{U_f}{D_j} \right) D \quad \dots\dots\dots (7)$$

Dimana : U_s : Kecepatan rata-rata ruang (km/jam)

U_f : Kecepatan pada kondisi arus bebas (km/jam)

D : Kepadatan (smp/km)

D_j : Kepadatan kondisi jam (smp/km)

Memperhatikan rumus di atas, pada dasarnya merupakan suatu persamaan linier, $Y = a + bX$, dimana dianggap bahwa U_f merupakan konstanta a dan $U_f/D_j = b$ sedangkan U_s dan D masing-masing merupakan variabel Y dan X . Kedua konstanta tersebut dapat dinyatakan sebagai kecepatan bebas (*free flow speed*) dimana pengendara dapat memacu kecepatan sesuai dengan keinginan dan puncak kepadatan dimana kendaraan tidak dapat bergerak sama sekali.

Hubungan antara volume dan kepadatan didapat dengan mengubah persamaan (6) menjadi $U_s = Q / D$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (7) sehingga diperoleh:

$$Q = U_f \times D - \left(\frac{U_f}{D_j} \right) D^2 \quad \dots\dots\dots (8)$$

Persamaan tersebut merupakan persamaan parabolik $Q = f(D)$

Hubungan antara volume dan kecepatan didapat dengan mengubah persamaan (6) menjadi $D = Q / U_s$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (7), maka akan diperoleh:

$$Q = D_j \times U_s - \left(\frac{D_j}{U_f} \right) U_s^2 \quad \dots\dots\dots (9)$$

Persamaan tersebut juga merupakan persamaan parabolik $V = f(U_s)$.

Volume maksimum (V_m) untuk model Greenshield dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$V_m = D_m \times U_m \quad \dots\dots\dots (10)$$

Dari persamaan tersebut dapat disampaikan bahwa D_m adalah kepadatan pada saat volume maksimum dan U_m adalah kecepatan pada saat volume maksimum.

Kepadatan saat volume maksimum (D_m) untuk model Greenshield dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$V = D_m = \left(\frac{D_j}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (11)$$

Kecepatan saat volume maksimum (U_m) untuk model Greenshield dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$U_s = U_m = \left(\frac{U_f}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (12)$$

Model Greenberg

Model *Greenberg* adalah model kedua yang mensurvey hubungan kecepatan kerapatan pada aliran lalu-lintas pada terowongan, dan menyimpulkan bahwa model non linier lebih tepat di gunakan yakni fungsi eksponensial.

Rumus dasar dari *Greenberg* adalah:

$$D = c \cdot e^{bU_s} \dots\dots\dots (13)$$

dengan c dan b merupakan nilai konstanta.

Dengan menggunakan analogi aliran fluida dia mengkombinasikan persamaan gerak dan kontinuitas untuk satu kesatuan dimensi gerak dan menurunkan persamaan:

$$U_s = U_m \times I_n \left(\frac{D_j}{D} \right) \dots\dots\dots (14)$$

Pada model *Greenberg* ini diperlukan pengetahuan tentang parameter-parameter kecepatan optimum dan kerapatan kondisi *jam*. Sama dengan model *Greenshield*, kerapatan kondisi *jam* sangat sulit diamati di lapangan dan estimasi terhadap kecepatan optimum lebih sulit diperkirakan dari pada kecepatan bebas rata- rata.

Estimasi kasar untuk menentukan kecepatan optimum kurang lebih setengah dari kecepatan rencana. Ketidakuntungan lain dari model ini adalah kecepatan bebas rata-rata tidak bisa dihitung. Persamaan (14) tersebut diatas dapat ditulis kedalam bentuk persamaan matematika lain yaitu:

$$U_s = U_m \cdot I_n D_j - U_m \cdot I_n D \dots\dots\dots (15)$$

Memperhatikan rumus di atas, pada dasarnya merupakan suatu persamaan linier, $Y = a + bX$, dimana dianggap bahwa $U_m \cdot I_n D_j$ merupakan konstanta a dan $-U_m = b$ sedangkan U_s dan $I_n D$ masing-masing merupakan variable Y dan X .

Hubungan antara volume dan kepadatan didapat dengan mengubah persamaan (7) menjadi $U_s = V / D$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (14) sehingga diperoleh:

$$V = U_m \times D \times I_n \left(D_j / D \right) \dots\dots\dots (16)$$

Hubungan antara volume dan kecepatan didapat dengan mengubah persamaan (7) menjadi $D = V / U_s$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (14), maka di peroleh:

$$V = U_s \times D_j \times \exp \left(-U_s / U_m \right) \dots\dots\dots (17)$$

Volume maksimum (V_m) untuk model Greenberg dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (10) diatas. Untuk menentukan konstanta D_m dan U_m , maka persamaan (16) dan (17) harus dideferensir masing-masing terhadap kepadatan dan kecepatan.

Kepadatan saat volume maksimum (D_m) untuk model Greenberg dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$D = D_m = \left(D_j / e \right) \dots\dots\dots (18)$$

Kecepatan saat volume maksimum (U_m) untuk model Greenberg dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$U_s = U_m = U_m \dots\dots\dots (19)$$

Apabila persamaan (18) dan (19) disubstitusikan pada persamaan (10), maka volume maksimum dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 V_m &= D_m \times U_m \\
 &= \left(D_j / e \right) \times U_m \dots\dots\dots (20) \\
 &= (D_j \times U_m) / e
 \end{aligned}$$

Model Underwood

Underwood mengemukakan suatu hipotesis bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan adalah merupakan hubungan eksponensial dengan bentuk persamaan sebagai berikut:

$$U_s = U_f \times \exp \left(-D / D_m \right) \dots\dots\dots (21)$$

Untuk mendapatkan konstanta U_f dan D_m , persamaan (20) diubah persamaan linier, $Y = a + bX$, seperti dibawah ini.

$$\ln U_s = \ln U_f - \left(D / D_m \right) \dots\dots\dots (22)$$

Dimana dianggap bahwa $\ln U_f$ merupakan konstanta a dan $-1/D_m = b$ sedangkan $\ln U_s$ dan D masing-masing merupakan variabel Y dan X .

Hubungan antara volume dan kepadatan didapat dengan mengubah persamaan (7) menjadi $U_s = V / D$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (21) sehingga diperoleh:

$$V = D \times U_f \times \exp \left(-D / D_m \right) \dots\dots\dots (23)$$

Hubungan antara volume dan kecepatan didapat dengan mengubah persamaan (7) menjadi $D = V / U_s$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (21), maka di peroleh:

$$V = U_s \times D_m \times \exp \left(U_f / U_s \right) \dots\dots\dots (24)$$

Apabila persamaan (23) dan (24) disubstitusikan pada persamaan (10),

maka volume maksimum dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 V_m &= D_m \times U_m \\
 &= D_m \times \left(U_f / e \right) \dots\dots\dots (25) \\
 &= (D_j \times U_m) / e
 \end{aligned}$$

2.11 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

Derajat kejenuhan dihitung dengan menggunakan arus dan kapasitas dinyatakan dalam smp/jam. Besarnya derajat kejenuhan secara teoritis tidak bisa lebih nilai 1 (satu), yang artinya apabila nilai tersebut mendekati nilai 1 maka kondisi lalu lintas sudah mendekati jenuh, dan secara visual atau secara langsung bisa dilihat di lapangan kondisi lalu lintas yang terjadi mendekati padat dengan kecepatan rendah.

Persamaan derajat kejenuhan yaitu:

$$DS = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots (26)$$

Dimana : Q : Arus rata-rata kendaraan (smp/jam)

C : Kapasitas (smp/jam)

(MKJI 1997, Jalan Perkotaan)

2.12 Tingkat Pelayanan

Kinerja atau tingkat pelayanan jalan menurut US-HCM adalah ukuran kualitatif yang digunakan di Amerika dan menerangkan kondisi operasional dalam arus lalu-lintas dan penilaiannya oleh pemakai jalan. Dinyatakan

dalam kecepatan, waktu tempuh, kebebasan bergerak, interupsi lalu-lintas, kenyamanan, dan keselamatan. (MKJI, 1997).

Kinerja ruas jalan pada umumnya dapat dinyatakan dalam kecepatan, waktu tempuh, kebebasan bergerak, kenyamanan, keamanan atau keselamatan pengendara.

Ukuran-ukuran kuantitatif berikut ini dapat menerangkan kondisi operasional fasilitas lalu-lintas seperti kapasitas, derajat kejenuhan, kecepatan rata-rata, waktu tempuh, tundaan, peluang antrian, rasio kendaraan terhenti.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 14 Tahun 2005 tentang Karakteristik Tingkat Pelayanan atau Level of Services (LOS) adalah sebagai berikut :

Tabel 2.9 Karakteristik Tingkat Pelayanan

Tingkat Layanan (LOS)	Karakteristik	Batas lingkup V/C
A	Kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi, pengemudi memilih kecepatan yang diinginkan tanpa hambatan	0,0 – 0,20
B	Arus stabil, tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas. Pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan	0,21 – 0,44
C	Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan, pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan	0,45 – 0,74
D	Arus mendekati tidak stabil, kecepatan masih dikendalikan, Q/C masih dapat ditolerir	0,75 – 0,84
E	Volume lalu lintas mendekati/berada pada kapasitas arus tidak stabil, terkadang berhenti	0,85 – 1,00
F	Arus yang dipaksakan/macet, kecepatan rendah, V diatas kapasitas, antrian panjang dan terjadi hambatan-hambatan yang besar	>1,00

Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997)*

Tabel 2.10 Tingkat Pelayanan dan Karakteristik Operasi Terkait untuk Jalan Arteri Primer

Tingkat Pelayanan	Karakteristik Operasi Terkait
A	<ul style="list-style-type: none"> • Arus bebas • Kecepatan lalu lintas >100 km/jam • Jarak pandang bebas untuk mendahului harus selalu ada • Volume lalu lintas mencapai 20% dari kapasitas (yaitu 400 smp/jam, 2 arah) • Sekitar 75% dari gerakan mendahului dapat dilakukan dengan sedikit atau tanpa tundaan
B	<ul style="list-style-type: none"> • Awal dari kondisi arus stabil • Kecepatan lalu lintas >80 km/jam • Volume lalu lintas dapat mencapai 45% dari kapasitas (yaitu 900 smp/jam, 2 arah)
C	<ul style="list-style-type: none"> • Arus masih stabil • Kecepatan lalu lintas >65 km/jam • Volume lalu lintas dapat mencapai 70% dari kapasitas (yaitu 1400 smp/jam, 2 arah)
D	<ul style="list-style-type: none"> • Mendekati arus tidak stabil • Kecepatan lalu lintas turun sampai 60 km/jam • Volume lalu lintas dapat mencapai 85% dari kapasitas (yaitu 1700 smp/jam, 2 arah)
E	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi mencapai kapasitas dengan volume mencapai 2000 smp/jam, 2 arah • Kecepatan lalu lintas pada umumnya berkisar 50 km/jam
F	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi arus tertahan • Kecepatan lalu lintas <50 km/jam volume dibawah 2000 smp/jam

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan, 2006